



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 198 45 569 A 1**

(5) Int. Cl.⁶:
H 02 P 9/00
H 02 M 7/40

(21) Aktenzeichen: 198 45 569.0
(22) Anmeldetag: 2. 10. 98
(43) Offenlegungstag: 15. 4. 99

DE 198 45 569 A 1

(66) Innere Priorität:

197 45 114. 4 11. 10. 97
198 04 096. 2 03. 02. 98

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

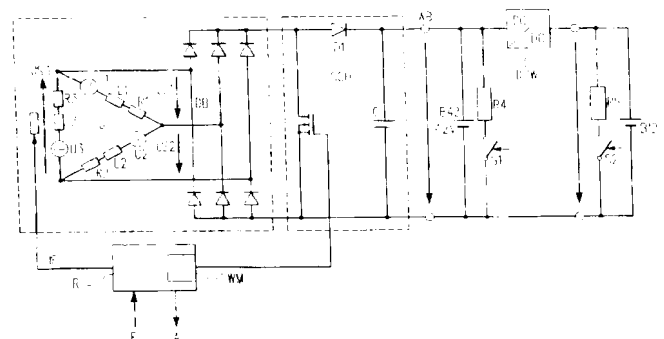
(72) Erfinder:

Mueller, Wolfgang, 70439 Stuttgart, DE; Luz, Oliver,
73669 Lichtenwald, DE; Schoettle, Richard, 75248
Ölbronn-Dürrn, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Vorrichtung und Verfahren zur Regelung eines Generators

(57) Es wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Regelung eines Generators, beispielsweise eines Klauenpolgenerators beschrieben, mit dem die sich an den Generator anschließende Gleichrichterbrücke (DB) kurzzeitig kurzgeschlossen werden kann, wodurch in den Ständerinduktivitäten Energie zwischengespeichert wird, die zu höheren Strangspannungen (US1, US2, US3) führt. Durch geeignete Wahl der Ansteuerfrequenz für einen Transistor (T), der das Kurzschließen der Diodenbrücke ermöglicht, läßt sich eine Ausgangsspannung des Generators auf gewünschtem Spannungsniveau einstellen, die gegenüber der herkömmlichen Bordnetzspannung deutlich höher liegt. In weiteren Ausgestaltungen wird die Diodenbrücke selbst durch steuerbare Schaltelemente (Transistoren) ersetzt und durch geeignete Ansteuerungen wird eine Spannungsanpassung realisiert.



DE 198 45 569 A 1

Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung und einem Verfahren zur Regelung eines Generators, beispielsweise eines von einer Bremskraftmaschine antriebbaren Drehstromgenerators in einem Kraftfahrzeug, nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Stand der Technik

Zur Erzeugung der im Kraftfahrzeug benötigten elektrischen Energie werden heute üblicherweise Klauenpolgeneratoren eingesetzt. Diese Klauenpolgeneratoren sind Drehstromgeneratoren, deren Ausgangsstrom mit Hilfe einer Diodenbrücke gleichgerichtet wird. Der gleichgerichtete Strom wird dann zur Versorgung der elektrischen Verbraucher des Fahrzeuges sowie zur Ladung der Batterie verwendet.

Ein solcher Drehstromgenerator umfaßt eine Feldspule, die vom Feldstrom durchflossen wird. Der Feldstrom wird mit Hilfe eines Spannungsreglers so geregelt, daß die Ausgangsspannung des Generators unabhängig von der Drehzahl des Generators etwa konstant ist. Die Höhe der Spannung, auf die geregelt wird, wird üblicherweise so gewählt, daß sie zur Ladung der Batterie optimal geeignet ist. Abhängig von verschiedenen Bedingungen liegt die Spannung etwa zwischen 12 und 14,5 V.

In Bordnetzen mit einer Vielzahl von Verbrauchern besteht das Problem, daß eine 12 V-Spannung zur Energieversorgung nicht ausreicht. Insbesondere zur Versorgung von Verbrauchern, die eine höhere Spannung als 12 V benötigen sind Lösungen bekannt, bei denen der Generator zumindest zeitweilig auf höhere Ausgangsspannungen von beispielsweise 40 V geregelt wird. Diese höhere Spannung wird dann direkt dem betreffenden Verbraucher zur Verfügung gestellt, die für die Bordnetzversorgung bzw. die Batterieladung benötigte niedrigere Spannung wird mit Hilfe eines Gleichspannungswandlers aus der höheren Spannung abgeleitet. Da herkömmliche DC/DC-Wandler neben Leistungstransistoren, Dioden und Kondensatoren auch noch induktive Bauteile benötigen, sind sie relativ aufwendig. Dies gilt für transformatorische (potentialfreie) Wandler mit Übertrager und Glättungsdrossel und für potentialgebundene Drosselwandler mit einer Speicherdrossel. Eine solche Generatorregelung mit DC/DC-Wandler ist beispielsweise aus der EP-B 0 325 520 bekannt.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen und die erfindungsgemäßen Verfahren zur Regelung eines Generators mit den Merkmalen des Anspruchs 1 haben den Vorteil, daß ein Einsatz auch bei einem herkömmlichen Generator möglich ist. Bei einem solchen Generator, insbesondere einem Klauenpolgenerator kann eine Spannungsanpassung an ein Bordnetz mit einer höheren Spannungsebene, beispielsweise etwa 42 V erfolgen. Diese Spannungsanpassung ist insbesondere auch möglich, solange die Ausgangsspannung des Generators im niedrigen Drehzahlbereich bei herkömmlicher Erregerstromregelung kleiner als 42 V ist. In besonders vorteilhafter Weise werden dabei keine Zusatzdrosseln benötigt, da die ohnehin vorhandenen Ständerinduktivitäten als Speicherdrosseln verwendet werden. In vorteilhafter Weise können dadurch Systemkosten reduziert werden und das Bauvolumen verringert werden.

Erzielt werden diese Vorteile, indem an die Gleichrichterbrücke des Generators eine zusätzliche Schaltungsanordnung angeschlossen wird, mit der die Gleichrichterbrücke

kurzzeitig kurzgeschlossen werden kann. Dadurch wird der Generator geboostet. Solange der Energiefluß vom Generator zur Batterie unterbrochen ist, wird die erzeugte Energie in den Ständerinduktivitäten des Generators zwischengespeichert. Die sogenannte Strangspannung wird dadurch erhöht. In vorteilhafter Weise erfolgt das Kurzschließen und das Wiederunterbrechen der elektrischen Verbindung der Gleichrichterbrücke mit Hilfe eines ansteuerbaren Leistungstransistors so, daß sich die Ausgangsspannung des Generators, die an der Gleichrichterbrücke abnehmbar ist, auf Werte erhöht, die etwa 42 V betragen.

Die Schaltungsanordnung, mit der die Gleichrichterbrücke kurzgeschlossen werden kann, umfaßt dabei in vorteilhafter Weise neben dem Leistungstransistor, beispielsweise einem MOSFET noch eine Diode und einen Kondensator, die so beschaltet sind, daß die Diode verhindert, daß die Batterie bzw. das Bordnetz kurzgeschlossen wird. Der Kondensator liegt parallel zur Batterie und glättet in vorteilhafter Weise die entnehmbare Ausgangsspannung.

Weitere Vorteile der Erfindung werden durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Ausgestaltungen erzielt.

Mit den in den Ausführungsbeispielen nach Fig. 2 und 3 angegebenen Ausgestaltungen lassen sich weitere Vorteile erzielen. So kann beispielsweise auf den Boosttransistor verzichtet werden, wenn eine voll gesteuerte Gleichrichterbrücke mit gesteuerten Leistungsschaltern realisiert wird, es kann dann in vorteilhafter Weise ein höherer Wirkungsgrad des Gesamtsystems erzielt werden, da die Durchlaßverluste bei geeigneter Wahl der Leistungsschalter geringer sind als bei einer ungesteuerten Gleichrichterbrücke, die mittels Dioden aufgebaut ist. Besonders vorteilhaft lassen sich MOS-Feldeffekttransistoren als gesteuerte Leistungsschalter einsetzen.

Wird anstelle einer Freilaufdiode zusätzlich ein Leistungsschalter eingesetzt, kann eine weitere Reduzierung der Durchlaßverluste erzielt werden, dies gilt insbesondere in dem Fall, in dem die Leistungsschalter durch MOS-Feldeffekttransistoren gebildet werden. Besonders vorteilhaft ist, daß gegenüber herkömmlichen Anordnungen eine Reduzierung der Bauteile und eine Erhöhung des Wirkungsgrades der Gesamtanordnung erzielt werden kann.

Zeichnung

Vier Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Beschreibung

In Fig. 1 sind die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Bestandteile des Generators sowie des Bordnetzes eines Kraftfahrzeuges dargestellt. Der Generator G, beispielsweise ein Klauenpolgenerator umfaßt die Ständerinduktivitäten L1, L2 und L3 sowie die Widerstände R1, R2 und R3, die die Wicklungswiderstände darstellen. Der Generator erzeugt die Strangspannungen US1, US2, US3, die aus den Polradspannungen U1, U2, U3 und den Spannungen an den Widerständen R1, R2, R3 und den Ständerinduktivitäten L1, L2, L3 gebildet werden. Diese Spannungen führen zu Strömen I1, I2 und I3, die über die Diodenbrücke DB gleichgerichtet werden und zum Generatorausgangsstrom IG führen, der zur Versorgung der Bordnetzverbraucher dient.

Die Regelung des Generators G erfolgt in üblicher Weise mit Hilfe eines Spannungsreglers R, der der Feldstrom IF durch die Feldwicklung F so regelt, daß sich eine vorgebbare Spannung einstellt. Dem Spannungsregler R werden

Eingangssignale E zugeführt, beispielsweise verschiedene Spannungen und/oder Ströme und/oder die Generatorzahl usw. Er ist in der Lage Ausgangssignale A abzugeben, mit deren Hilfe beispielsweise Schalter oder ähnliches betätigt werden können.

An den Generator G schließt sich eine Schaltungsanordnung SCH an, die einen Transistor T, eine Diode D und einen Kondensator C umfaßt. Die Schaltungsanordnung SCH ermöglicht die erfindungsgemäße Generatorregelung, indem der Transistor T, der beispielsweise ein MOS-Feldeffekttransistor ist, der parallel zur Diodenbrücke DB liegt, zeitweise die Diodenbrücke DB kurzschließt. Der Transistor T wird beim Ausführungsbeispiel mit Hilfe einer Pulsweitenmodulationsstufe PWM, die im Spannungsregler R integriert ist, leitend oder nicht leitend gemacht. Die Taktfrequenz des Transistors T liegt im Mittelfrequenzbereich und wird von der Pulsweitenmodulationsstufe PWM bestimmt. Diese Pulsweitenmodulationsstufe muß nicht zwangsweise im Spannungsregler R integriert sein, sondern kann beispielsweise als getrennte Stufe aufgebaut sein oder im Steuergerät des Kraftfahrzeugs integriert sein. Auch andere Ansteuerungen des Transistors T sind denkbar.

Durch kurzzeitiges Kurzschließen der Diodenbrücke DB mit dem Leistungstransistor T wird erreicht, daß der Energiefluß vom Generator G zur Batterie B unterbrochen wird. Dadurch wird ein Boosten des Generators ermöglicht. Es wird dabei Energie in den Ständerinduktivitäten L1, L2 und L3 des Generators zwischengespeichert. Die Diode D1 verhindert, daß ein Strom zurückfließt und das nachfolgende Bordnetz bzw. die Batterie B kurzschließt und entlädt. Sperrt der Transistor T, wird die in den Ständerinduktivitäten gespeicherte Energie in Form induzierter Spannungen freigegeben, die sich zu den jeweiligen Polradspannungen U1, U2 und U3 addieren. Dies hat eine höhere Ausgangsspannung des Generators zur Folge. Durch geeignete Variation der Leit- und Sperrdauer kann auf eine Ausgangsspannung von 42 V geregelt werden, 42 Volt Ladespannung entsprechen 36 Volt Nennspannung. Der Kondensator C am Ausgang der Schaltungsanordnung SCH dient zur Glättung des gepulsten Ausgangsstromes. Die Schaltungsanordnung SCH läßt sich im übrigen als Generator-Hochsetzstellerschaltung bezeichnen.

Soll die Generatorregelung mit Hilfe der Schaltungsanordnung SCH so erfolgen, daß am Ausgang der Schaltungsanordnung SCH eine Spannung, die gegenüber der herkömmlichen Generatorspannung wesentlich erhöht ist und beispielsweise 42 V beträgt, muß das herkömmliche Fahrzeugbordnetz mit Hilfe eines Gleichspannungswandlers DCW versorgt werden. Bordnetzverbraucher, die mit höherer Spannung versorgt werden sollen, beispielsweise eine Scheibenheizung R4, können mit Hilfe eines Schalters S1 direkt an die 42 V angeschlossen werden. Verbraucher R5 lassen sich dagegen über einen Schalter S2 an 12 V legen. Jede Spannungsebene besitzt eine eigene Batterie, in der Figur als B42 und B12 bezeichnet sind.

Bei der Auslegung des Gesamtsystems ist zu beachten, daß die Diodenbrücke DB so ausgelegt ist, daß sie für 42 V geeignet ist. Auch der Generator ist so auszulegen, daß eine Ausgangsspannung von 42 V problemlos verkraftet wird. Der Spannungsregler bzw. die Pulsweitenmodulationsstufe PWM sind so auszugestalten, der erforderliche Ansteuersignale erzeugbar sind. In einem mikroprozessorgesteuerten System können die Ansteuersignale vom Mikroprozessor bereitgestellt werden, dieser kann auch das Steuergerät der Brennkraftmaschine sein.

In den Fig. 2 und 3 sind zwei weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt, wobei die Feldwicklung sowie der Spannungsregler und die zweite Spannungsebene,

die in Fig. 1 enthalten sind, prinzipiell ebenfalls vorhanden sind, jedoch im einzelnen nicht aufgezeigt sind. Die Gleichrichterbrücke DB ist bei beiden Ausführungsbeispielen durch eine voll gesteuerte Brücke mit sechs Leistungsschaltern, beispielsweise Transistoren T1 bis T6 ersetzt. Als Freilaufdiode dient die Diode D1, die als Bestandteil der voll gesteuerten Brücke anzusehen ist und mit dem Kondensator C in Verbindung steht. Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist die Freilaufdiode durch einen weiteren Transistor T7 ersetzt, der ebenfalls Bestandteil der voll gesteuerten Brücke ist.

Mit den beiden in den Fig. 2 und 3 angegebenen Ausführungsbeispielen werden zwei Varianten zur Spannungsanpassung, beispielsweise für einen Klauenpolgenerator an eine höhere Bordnetzspannung angegeben, die als erfindungsgemäße Lösung zu verstehen sind. Die Funktionsweise dieser Schaltungen läßt sich wie folgt erläutern:

Durch ein gleichzeitiges Ansteuern der sechs Leistungsschalter beziehungsweise Transistoren T1 bis T6 der voll gesteuerten Brückenschaltung wird ein Boosten des Generators G erreicht. Als Leistungsschalter werden beispielsweise MOS-Feldeffekttransistoren verwendet. Während der Phasen, in denen die Leistungsschalter T1 bis T6 leiten, wird in den Ständerinduktivitäten L1, L2 und L3 Energie zwischengespeichert, die in der Sperrphase der Transistoren freigesetzt wird und zu einer Erhöhung der Strangspannungen US1, US2 und US3 führt. Dadurch wird erreicht, daß der Generator G, der von einer Welle einer Brennkraftmaschine angetrieben wird, insbesondere im niedrigen Drehzahlbereich eine höhere Spannung zur Erzeugung einer Bordnetzspannungsebene von beispielsweise 42 V zur Verfügung stellt. Die Diode D1 des Ausführungsbeispiels nach Fig. 2 verhindert, daß die Batterie B42 während der leitenden Phase der Leistungsschalter beziehungsweise Transistoren T1 bis T7 ebenfalls kurzgeschlossen und entladen wird.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 wird anstelle einer Diode ein weiterer Leistungsschalter, beispielsweise ein MOS-Feldeffekttransistor T7 eingesetzt. Die Ansteuerung dieses Schalters erfolgt dabei derart, daß er während der leitenden Phase der Transistoren der Brückenschaltung seine Sperrphase und während deren Sperrphase seine Leitphase hat. Dieses Verfahren entspricht einer Synchrongleichrichtung. Durch geeignete Variation der Leit- und Sperrdauer, beispielsweise durch Variation des Pulsweitenverhältnisses, also des Verhältnisses zwischen leitenden und nicht leitenden Phasen, kann auf eine Ausgangsspannung von 42 V geregelt werden. Andere Spannungen als 42 V sind selbstverständlich gegebenenfalls ebenfalls erzielbar.

Der Kondensator C am Ausgang des integrierten Hochsetzstellers T1 bis T6 und D1, T1 bis T6, T7 dient zur Glättung der Ausgangsspannung.

Die Ansteuerung der sechs Leistungsschalter (Feldeffekttransistoren) erfolgt vorzugsweise in Pulsweitenmodulation, jedoch auch andere Ansteuerverfahren möglich. Als solche Ansteuerungsverfahren kommen das sogenannte Dead-Beat-Prinzip oder eine Pulsfolgemodulation in Frage. Als Leistungsschalter können grundsätzlich die derzeit bekannten Bauelemente wie beispielsweise MOS-Feldeffekttransistoren, Insulated Gate Bipolartransistoren (IGBT) oder Bipolartransistoren eingesetzt werden. Werden Leistungsschalter in der Brückenschaltung eingesetzt, muß darauf geachtet werden, daß der Schalter eine antiparallel geschaltete Freilaufdiode besitzt. Da dies bei einem MOS-Feldeffekttransistor prozeßbedingt der Fall ist, wird dieses Bauteil bevorzugt eingesetzt. Wird als Leistungsschalter ein Bauelement eingesetzt, das diese sogenannte Body-Diode nicht besitzt, muß eine Freilaufdiode als diskretes Bauelement verwendet werden.

In **Fig. 4** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, bei dem der Brückengleichrichter des Generators drei Dioden (D2, D3, D4) sowie drei Transistoren T8, T9 und T10 umfaßt. Diese Ausgestaltung der Gleichrichterbrücke ermöglicht durch geeignete Ansteuerung der Transistoren sowohl eine Gleichrichtung als auch eine Spannungserhöhung. Die Gleichrichteranordnung stellt somit einen Gleichrichter und Hochsetzsteller dar. Mit dieser Schaltung läßt sich ein Klauenpolgenerator mit integriertem Hochsetzsteller realisieren.

Durch Integration des als Gleichspannungswandler arbeitenden Hochsetzstellers in den Brückengleichrichter läßt sich gegenüber den anderen Ausführungsbeispielen der Erfindung eine Reduzierung der Bauteilzahl erzielen. Der Spannungsabfall an der Diode D1 des Hochsetzstellers nach **Fig. 2** entfällt, wodurch die Verlustleistung beim Ausführungsbeispiel nach **Fig. 4** geringer ist als beim Ausführungsbeispiel nach **Fig. 2** und somit der Wirkungsgrad verbessert ist. Werden als Transistoren T8, T9 und T10 Feldeffekttransistoren eingesetzt, läßt sich der Wirkungsgrad weiter verbessern, da die Feldeffekttransistoren kleinere Durchlaßverluste im Vergleich zu den Diodenverlusten aufweisen.

Der Kondensator C glättet wie bei den übrigen Ausführungsbeispielen die gleichgerichtete Ausgangsspannung des Generators. Es kann somit die Netzspannung U_N abgegriffen werden, die zur Versorgung der Last L dient, die symbolisch für die Bordnetzverbraucher angegeben wird.

Patentsprüche

1. Vorrichtung und Verfahren zur Regelung eines Generators, insbesondere eines Drehstromgenerators mit drei Ständerinduktivitäten und einer Gleichrichterbrücke, über die der in den Ständerinduktivitäten durch die Polradspannungen erzeugte Strom gleichgerichtet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gleichrichterbrücke mittels eines Schaltelements, dessen Schaltstrecke parallel zur als Diodenbrücke (DB) ausgestalteten Gleichrichterbrücke liegt, zumindest kurzfristig kurzschließbar ist, indem der Basis des Transistors ein entsprechendes Ansteuersignal zugeführt wird.
2. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltelement ein Transistor (T), insbesondere ein MOS-Feldeffekttransistor oder ein Insulated-Gate-Bipolar-Transistor (IGBT) oder ein sonstiger Halbleiterschalter ist.
3. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem Transistor (T) ein modulierbares Signal, insbesondere ein pulsweitenmoduliertes Signal oder ein Signal mit variablem Puls-Pausen-Verhältnis zugeführt wird, dessen Frequenz so einstellbar ist, daß sich am Ausgang der Diodenbrücke (DB) eine Spannung einstellt, die wesentlich höher ist als die übliche Generatorausgangsspannung.
4. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Puls-Pausen-Verhältnis der Ansteuersignale, die dem Transistor (T) zugeführt werden, so festgelegt wird, daß sich Strangspannungen (US1, US2, US3) des Generators (G) einstellen, die zu der gewünschten höheren Spannung am Ausgang der Diodenbrücke (DB) führen.
5. Vorrichtung und Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Diodenbrücke (DB) und dem Spannungsabgriff (AB) eine Diode liegt, die einen Strom nur vom Generator zum Spannungsabgriff erlaubt.
6. Vorrichtung und Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein

Kondensator (C) vorhanden ist, der die an den Spannungsabgriffen abgreifbare Spannung glättet.

7. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichrichterbrücke als gesteuerte Transistorbrücke (T1 bis T6) aufgebaut ist, mit einer Freilaufdiode (D1) oder einem weiteren Transistor (T7) und eine Hochsetzstellertfunktion ermöglicht.

8. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Transistorbrücke (T1 bis T6) und der Transistor (T7) so angesteuert werden, daß eine Synchrongleichrichtung erhalten wird.

9. Vorrichtung und Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochsetzstellertfunktion durch andere wählbare Schaltprinzipien realisiert wird und beispielsweise Resonanzwandler eingesetzt werden.

10. Vorrichtung und Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichrichterbrücke drei Dioden (D2), (D3), (D4) sowie drei ansteuerbare Transistoren (T8), (T9) und (T10) umfaßt und daß die Transistoren (T8), (T9), (T10) so angesteuert werden, daß die Gleichrichterbrücke zusätzlich eine Hochsetzstellertfunktion übernimmt.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

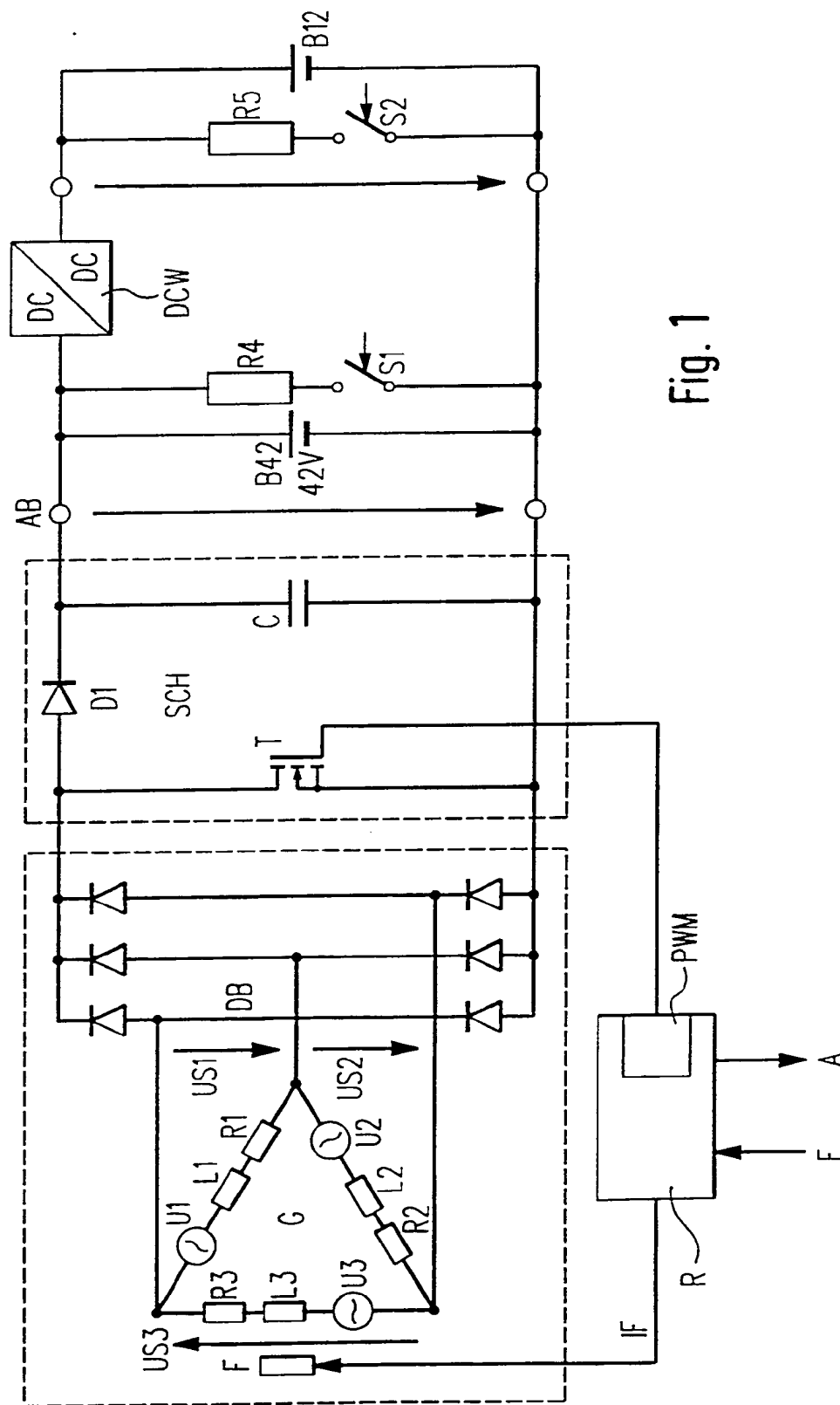


Fig. 1

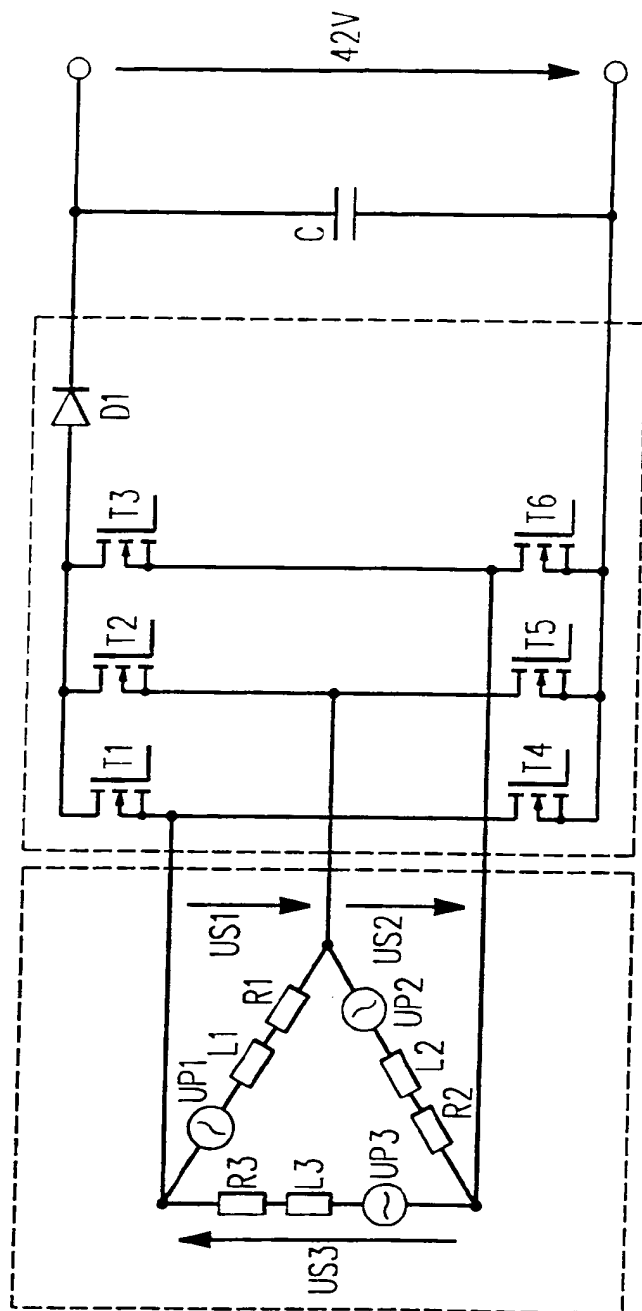


Fig. 2

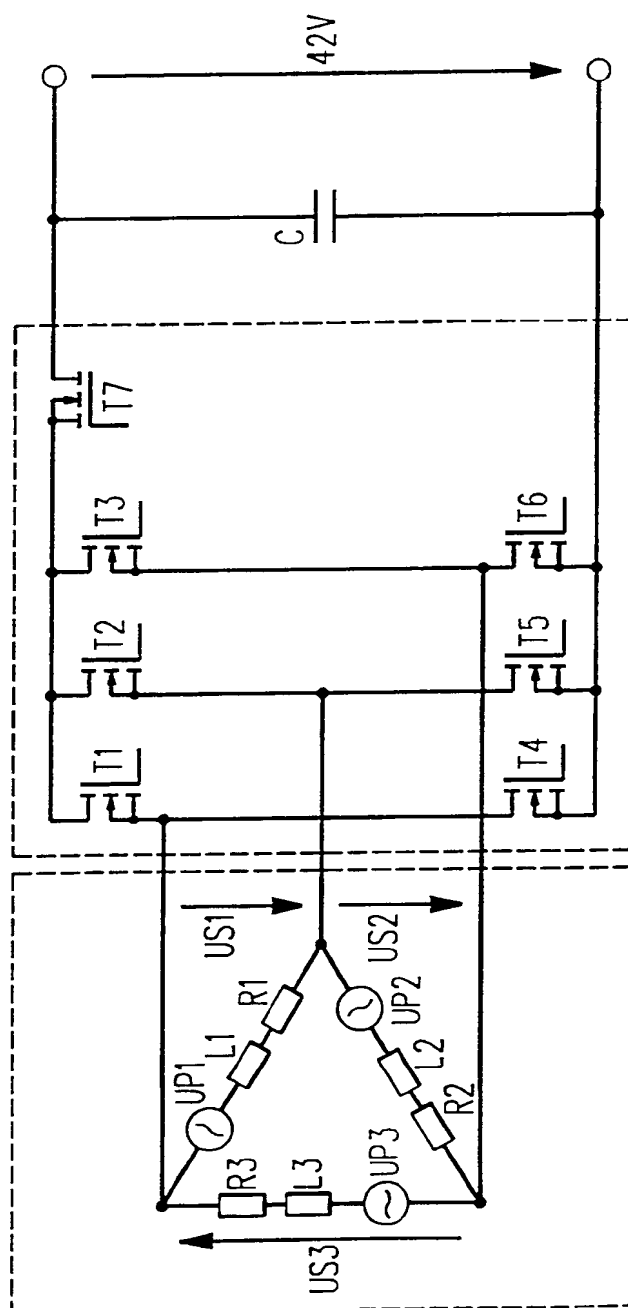


Fig. 3

